

特性曲線法の拡張による漏水を考慮したパイプラインの水撃圧解析

Water Hammer Analysis of Pipeline with Leakage

by the Extending Method of Characteristics

○坪田到馬*, 高橋悠斗**, 大島圭一郎***, 萩原大生****, 鈴木哲也*****

○Toma TSUBOTA*, Yuto TAKAHASHI**, Keiichiro Oshima***, Taiki HAGIWARA****

and Tetsuya SUZUKI*****

1. はじめに

近年, 農業用パイプラインは標準的な耐用年数を経過した施設割合が増加傾向にあり, 漏水および管体破損が懸念される。施設管理において, 水撃作用を適切に管理することが課題になっている。そのため, 非破壊検査法の開発だけでなく, 数値解析を用いた水撃圧波形の計算が不可欠である¹⁾。本研究では, 水撃圧発生時の管内水圧および管体の周方向ひずみを特性曲線法より拡張し, 漏水項を含めた計算を試みた。擬似漏水を発生させたパイプラインにおいて, 実測値と計算値の一致性を検証した。

2. 実験および解析手法

管路延長が 17.8 km, 管種が鋼管およびダクタイル鋳鉄管で構成された既設パイプラインを対象とした。バルブから 7.1 km 地点にある管体を計測地点とした。計測パイプラインにある空気弁に圧力センサを設置し, 水圧を計測した。管材のひずみ計測として, デジタル画像相関法（以下, DIC 法とする）を用いた。計測ではバルブを開放することで通水を開始し, 流量が安定したところでバルブを閉塞して水撃圧を発生させた。実験ケースは漏水なし (Case 1), バルブから 0.07 km の擬似漏水 (Case 2) およびバルブから 11.60 km の擬似漏水 (Case 3) の 3 ケースを実施した。擬似漏水は, 排泥工を開放することで再現した。

解析的検討では, 非定常流況解析の特性曲線法を拡張し, 漏水を考慮した。ケースごとの条件を数値解析内で考慮し, 本実験より検出

された水撃圧とどれほど波形が一致しているか検証した。周方向ひずみの計算値は, 数値解析より算出された水圧を用いた理論式から求めた。水撃圧の減衰の評価指標として, 時系列グラフの振幅値を用いて対数減衰率を求めた。

3. 結果および考察

水圧の実測値および計算値の時系列結果を Fig. 1 に示す。全てのケースにおいて, 水圧の立ち上がり時間と振幅が一致していることが確認された。1 周期目の計測値とシミュレーション値では周期性の一致が確認されたが, 2 周期目以降は周期にずれが生じた。これは, 数値解析内において, 水撃圧の 2 周期目以降の伝播速度の変化が考慮できていないことが要因と考えられる。漏水の有無で比較すると, 漏水なし (Case 1) よりも漏水あり (Case 2, 3) のほうが振幅値の減衰が大きいことが確認された。周方向ひずみの実測値および計算値の時系列結果を Fig. 2 に示す。水圧と同様, 立ち上がり時間, 振幅の一致および 2 周期目以降のずれが各ケースで確認された。ここで, 振幅値の減衰を定量的に評価するために各ケースにおける対数減衰率の結果を示す (Fig. 3)。水圧の対数減衰率では, 最大 0.006 の差が確認された。ケース間での比較では, Case 1 < Case 3 < Case 2 の順で大きくなり, 漏水なしよりも漏水ありのほうが水撃圧の減衰が大きいことが実測値・計算値とともに示された。周方向ひずみの対数減衰率では, 最大 0.036

*大林道路株式会社 *Obayashi road Corporation*

**新潟大学大学院自然科学研究科 *Graduate School of Science and Technology, Niigata University*

***新潟大学農学部 *Faculty of Agriculture, Niigata University*

****山口大学大学院創成科学研究科農学系学域 *Graduate School of Science and Technology for Innovation, Yamaguchi University*

*****新潟大学自然科学系（農学部） *Institute of Agriculture, Niigata University*

キーワード：パイプライン, 水撃圧, 周方向ひずみ, デジタル画像相関法, 特性曲線法

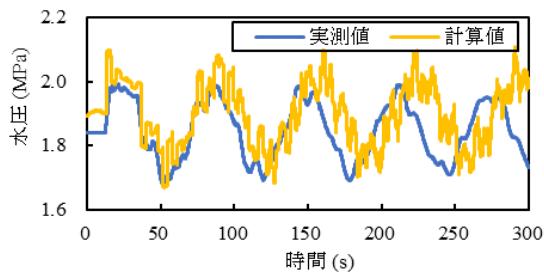
の差が確認された。ケース間の比較においては水圧と同様の傾向が確認された。

4. おわりに

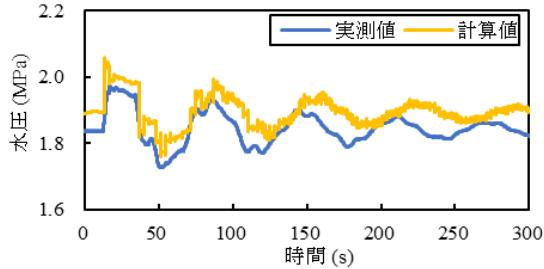
本研究では数値解析を用いて、漏水が発生するパイプラインにおける水撃圧発生時の水圧および周方向ひずみの計算を試み、水圧および周方向ひずみの計算値からパイプラインの漏水の有無を判別できることが示唆された。

参考文献

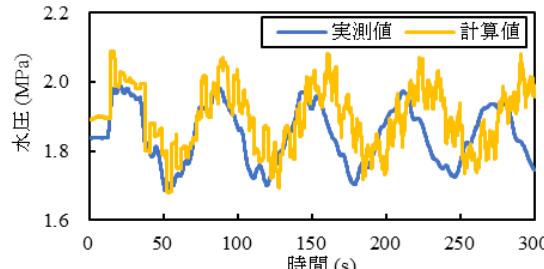
- 1) 鈴木哲也 (2014) : 送水パイプラインの事故後復旧過程の非破壊安全性診断に関する研究, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 70(2), I_143-I_148.



(a) Case 1: 漏水なし



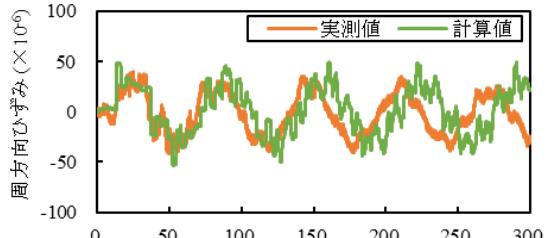
(b) Case 2: バルブから 0.07 km 地点の漏水



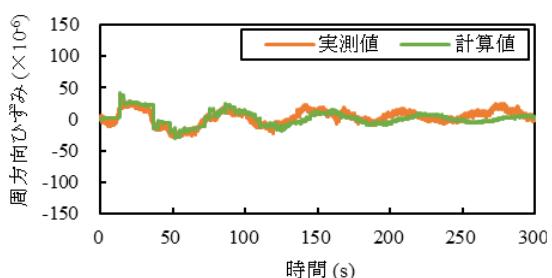
(c) Case 3: バルブから 11.60 km 地点の漏水

Fig. 1 水圧の時系列結果

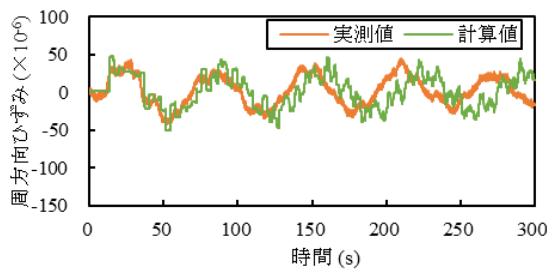
Time-series results of water pressure.



(a) Case 1: 漏水なし



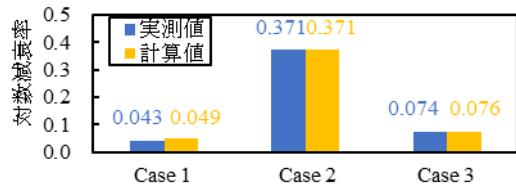
(b) Case 2: バルブから 0.07 km 地点の漏水



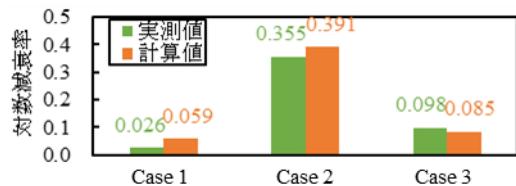
(c) Case 3: バルブから 11.60 km 地点の漏水

Fig. 2 周方向ひずみの時系列結果

Time-series results of circumferential strain.



(a) 水圧



(b) 周方向ひずみ

Fig. 3 水圧および周方向ひずみの対数減衰率

Logarithmic decrement of water pressure and circumferential strain.